

## K výuce astronomie v matematice na gymnáziích

Vladimír Štefl

Přírodovědecká fakulta MU

[stefl@physics.muni.cz](mailto:stefl@physics.muni.cz)

Vztah astronomie a matematiky, začínající ve starověku, zůstal charakteristickým až do současnosti. Výzkumné astronomické metody se vedle fyziky důsledně opírají o matematiku obsaženou ve formě rovnic, vzorců, tabulek, grafů. Astronomická věda dnes plně využívá matematický aparát, počínaje elementy trigonometrie především sférické, přes aritmetiku, algebru, analytickou geometrii až po diferenciální a integrální počet.

Ve výuce na gymnáziu zpravidla nepoužíváme vyšší matematiku, k zabezpečení nezkresleného výkladu postačuje její středoškolská úroveň. Důležitá je co nejjednodušší prezentace astronomické problematiky, například prostřednictvím vybraných úloh s astronomickým obsahem ve výuce matematiky.

Ta je podle časových dotací více zastoupena v RVPG [1], ve formulacích cílového zaměření vzdělávací oblasti a očekávaných výstupech matematiky lze nalézt řadu přímých odkazů využitelných v astronomii.

Dovednosti a návyky získané v matematice lze uplatnit v astronomických námětech příkladně v témaitech: zlomky, přibližné výpočty, rozměrová analýza, geometrie, měření úhlů, logaritmus, kvadratické rovnice, binomický rozvoj.

V příspěvku je ukázána možnost využití dekadického logaritmu ve výuce matematiky při demonstraci vybraných astronomických témat.

Při zpracování většího množství astronomických údajů v historii se ukázalo velmi výhodné zavedení logaritmů, o což se zasloužily tři osobnosti. Skotský astronom a matematik John Napier (1550 - 1617) [2], švýcarský matematik a hodinář Jost Bürgi (1552 - 1632) [3] a anglický astronom a matematik Henry Briggs (1561 - 1630) [4].

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora pracovníků propojením pedagogické fakulty se

N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.	N.	Logarith.
1	00000000	16	12041199	31	14913616	46	16627578
2	03010299	17	12104489	32	15051459	47	16720978
3	04771212	18	12152725	33	15185139	48	16812412
	1249387		2348235		129649		89548
4	06020599	19	12787536	34	15314789	49	16901960
	969100		222761		123891		87739
5	06989700	20	13010299	35	15440680	50	16989700
	791812		211892		122344		86001
6	07781512	21	13222192	36	15563025	51	17075701
	669467		202033		118992		84331
7	08450980	22	13424226	37	15682017	52	17160053
	579919		193051		115818		82725
8	09030899	23	13617278	38	15797835	53	17242758
	511525		184834		112810		81178
9	09542425	24	13802112	39	15910646	54	17323937
	457574		177287		109953		79682
10	10000000	25	13979400	40	16020599	55	17403626
	413286		170333		107238		78153
11	10413926	26	14149733	41	16127838	56	17481830
	377885		163904		104654		76868
12	10791812	27	14131637	42	16232492	57	17558748
	347621		157942		102191		75531
13	11139433	28	14471580	43	16334844	58	17642379
	321846		152399		99842		74240
14	11461280	29	14623979	44	16434326	59	17708520
	299612		147232		97598		72992
15	11760912	30	14771212	45	16532125	60	17781513
	280287		142404		95453		73785

První dva významně přispěli k rozvoji přirozeného logaritmu, posledně jmenovaný zavedl dekadický logaritmus, viz ukázka na obr. 1 ze [4].

Příkladem využití logaritmů je zpracování údajů při dosazení do III. Keplerova zákona, vzhledem k jednotlivým centrálním tělesům - Zemi, Marsu, Jupiteru, Saturnu, Uranu a Slunci, obdržíme jednotlivé přímky závislosti oběžné doby  $P$  na velikosti velké poloosy  $a$

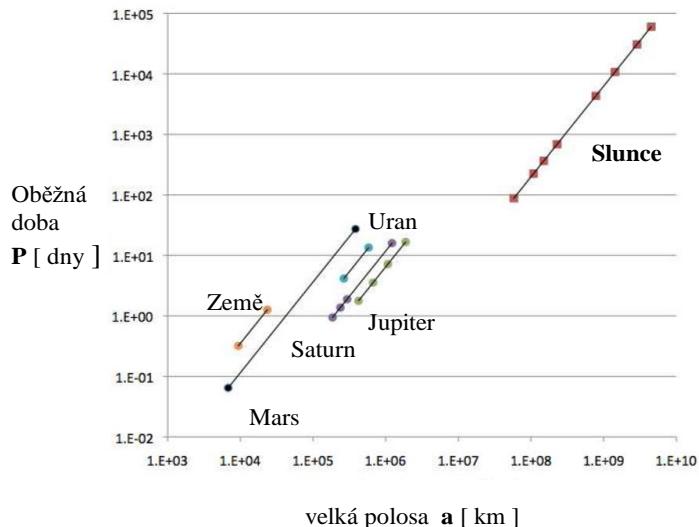
$$\log P = \frac{1}{2} \log \text{konst.} + \frac{3}{2} \log a$$

**Tabulka údajů oběžných dob a velikostí velkých poloos III. Keplerův zákon**

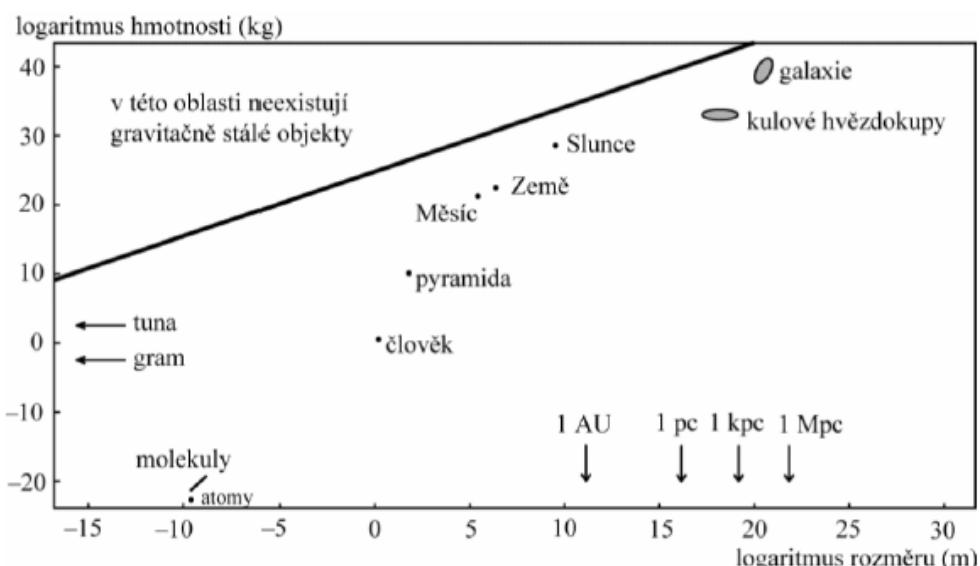
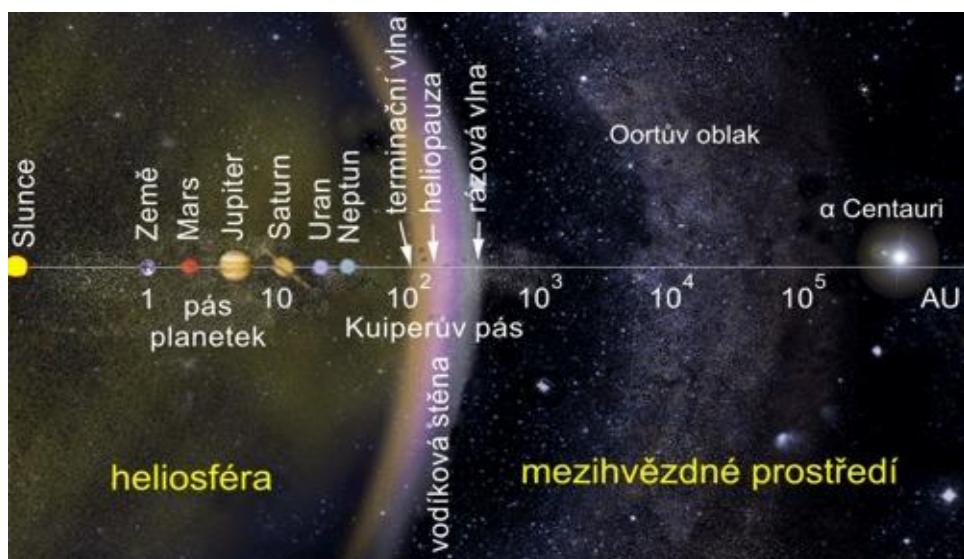
	Body	$a$ (km)	$P$ (days)	Source
Země	ISS	$6.794 \times 10^3$	0.0645	(1)
	Moon	$3.844 \times 10^5$	27.32	(2)
Mars	Phobos	$9.378 \times 10^3$	0.3189	(3)
	Deimos	$2.346 \times 10^4$	1.262	
Jupiter	Io	$4.216 \times 10^5$	1.769	(4)
	Europa	$6.709 \times 10^5$	3.551	
Saturn	Ganymede	$1.070 \times 10^6$	7.154	
	Callisto	$1.883 \times 10^6$	16.69	
Uran	Mimas	$1.855 \times 10^5$	0.9424	(5)
	Enceladus	$2.380 \times 10^5$	1.370	
Slunce	Tethys	$2.947 \times 10^5$	1.888	
	Titan	$1.221 \times 10^6$	15.95	
	Umbriel	$2.663 \times 10^5$	4.144	(6)
	Oberon	$5.835 \times 10^5$	13.46	
	Body	$a$ (AU)	$P$ (years)	Source
	Mercury	0.387	0.241	(7)
	Venus	0.723	0.615	
	Earth	1.00	1.00	
	Mars	1.52	1.88	
	Jupiter	5.20	11.9	
	Saturn	9.58	29.4	
	Uranus	19.2	83.7	
	Neptune	30.1	164	

Převeďte údaje v tabulce do grafu v logaritmické podobě

### Graf závislosti $P = f(a)$ - III. Keplerova zákona



U žáků existují velmi zkreslené představy o relativních velikostech kosmických těles a prostorových vzdálenostech mezi nimi, viz například [5]. Proto k nejobtížnějším vzdělávacím cílům astronomické výuky patří jejich správná tvorba. Vzhledem k značnému rozsahu měřítek je nezbytné nahradit lineární stupnice logaritmickými, často využívanými ve srovnávací metodě. Různá modelová, obrazová a číselná srovnání ulehčují žákům osvojení rozsahu velikostí a hmotností planet, hvězd. Tradiční je srovnání poloměru a hmotnosti Země s ostatními planetami, obdobně Slunce s různými typy hvězd. Pro pochopení prostorových měřítek ve vesmíru jsou vhodná srovnání vzdáleností kosmických těles, například Země – planety, Slunce – nejbližší hvězdy, viz obr. 3. Zásadní význam má porovnávání charakteristik odlišných typů kosmických těles, planet, hvězd, galaxií. Ještě širší pohled poskytuje obr. 4 zachycující závislost hmotnosti a rozměru pro objekty v přírodě a vesmíru.



Další ukázky číselných modelů, při jejichž tvorbě mohou žáci využít matematické propočty, jsou uvedeny např. v [6].

V rámci RVP na základních školách má astronomie prostor, na gymnáziích je na co navazovat. Pokračující vzdělávací reformy nezlepšily postavení astronomie. Do standardní fyzikální výuky v RVPG nebyla zařazena, restrinkce počtu vyučovacích hodin fyziky to neumožnila. Více je v RVPG zastoupena matematika. Tudiž jednou z možností zlepšení stavu astronomické výuky je využití vztahu astronomie a matematiky.

Materiál byl zpracován v rámci projektu "Systémová podpora trvalého profesního rozvoje (CPD) pedagogických pracovníků propojením pedagogické fakulty se školami na Jižní Moravě – **EDUCOLAND**"

Projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Vhodné zařazení astronomických námětů do výkladových textů matematických učebnic a sbírek úloh může přispět ke zvýšení zájmu žáků o studium méně oblíbené matematiky. Vztah obou předmětů založených na přesnosti a logičnosti je výhodný pro rozvoj znalostí, umožňuje zefektivnit jejich výuku. Astronomie může ve výuce teoretičtěji zaměřený předmět matematiku změnit na více atraktivní a motivační. S nadsázkou lze konstatovat, že astronomie spojuje matematiku s reálným světem. Pro žáky je příkladně mnohem zajímavější hledání vzdálenosti objektů ze snímku pořízených HST než pouhým řešením propočítaným na papíře.

Žáci trvale projevují zájem o astronomickou problematiku, setkávají se s ní v denním tisku, v časopisech, na internetu, v televizi či rozhlasu. Cítí vnitřní potřebu si nové informace o astronomických jevech ověřit, utřídit a o nich diskutovat. K jejich objasnění mohou vhodně posloužit i jednoduché úlohy zpestřující výuku. Při jejich řešení může učitel případně provádět korekci nesprávných informací, podloženou právě matematickými výpočty. Zde bude mít důležitou roli učitel matematiky, jeho vědomosti a znalosti z astronomie. Je proto potřebná jeho příprava na vysoké škole, například v podobě výběrových předmětů.

#### Literatura:

- [1] RVP pro gymnázia. VÚP, Praha 2007.
- [2] Napier, J.: Mirifici Logarithmorum canonis descriptio...IOANNE NEPERO, Barone Merchistonii, Edinburgi 1614.
- [3] Bürgi, J.: Arithmetische und Geometrische Progreß Tabulen...der Löblichen Universität Buchdruckern 1620.
- [4] Briggs, H.: Arithmetic Logarithmica 1624.
- [5] Jones, B., Lynch, P., Reesink, C.: Children's conceptions of the Earth, Sun and Moon. Inter. Jour. of Sci. Educ. **9** (1987), p. 43 - 53.
- [6] Štefl, V., Krčička, J.: Didaktika astrofyziky. PřF MU, Brno 2003.